Fyzika – úloha č. 09

Autor: Jan Sigl

Studium izotermického děje

Cíle

Ukázat, že při konstantní teplotě je tlak plynu nepřímo úměrný objemu plynu (Boyle-Mariottův zákon).

Zadání úlohy

Změř závislost tlaku p vzduchu v injekční stříkačce na objemu V tohoto vzduchu. Závislost graficky znázorni, proložji funkcí nepřímá úměrnost a z její rovnice urči hodnotu konstanty k nepřímé úměrnosti. Diskutuj hodnoty součinu tlaku a objemu a fyzikální význam konstanty k.

Pomůcky

počítač s DataStudiem, USB Link, senzor absolutního tlaku Pasco, injekční stříkačka (minimálně do 24 ml), plastová hadička

Teoretický úvod

Stav ideálního plynu a jeho změny lze popsat stavovou rovnicí

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T, \tag{1}$$

kde p je tlak plynu, V objem plynu, n látkové množství plynu, R molární plynová konstanta (její hodnota je 8,31 $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$) a T termodynamická teplota. Mění-li se stav plynu stálé hmotnosti, platí

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}, \tag{2}$$

a tedy

$$\frac{p \cdot V}{T} = konst. \tag{3}$$

Dochází-li k pomalému stlačování (rozpínání) plynu stálé hmotnosti, nemění se jeho teplota a vztah (3) lze přepsat do tvaru

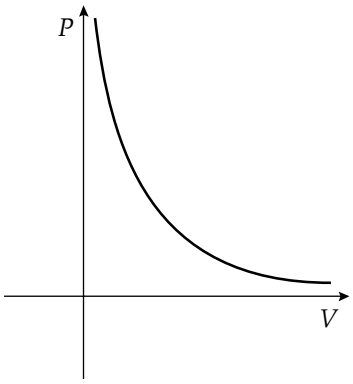
$$p \cdot V = konst. \tag{4}$$

Tedy součin tlaku a objemu ideálního plynu stálé hmotnosti je konstantní (Boyle-Mariottův zákon). Pokud z tohoto vztahu vyjádříme tlak p, dostáváme rovnici nepřímé úměrnosti

$$p = \frac{konst.}{V} = \frac{k}{V}, \tag{5}$$

kde k je konstanta nepřímé úměrnosti.

Grafem této funkce je hyperbola (viz obr. 1).



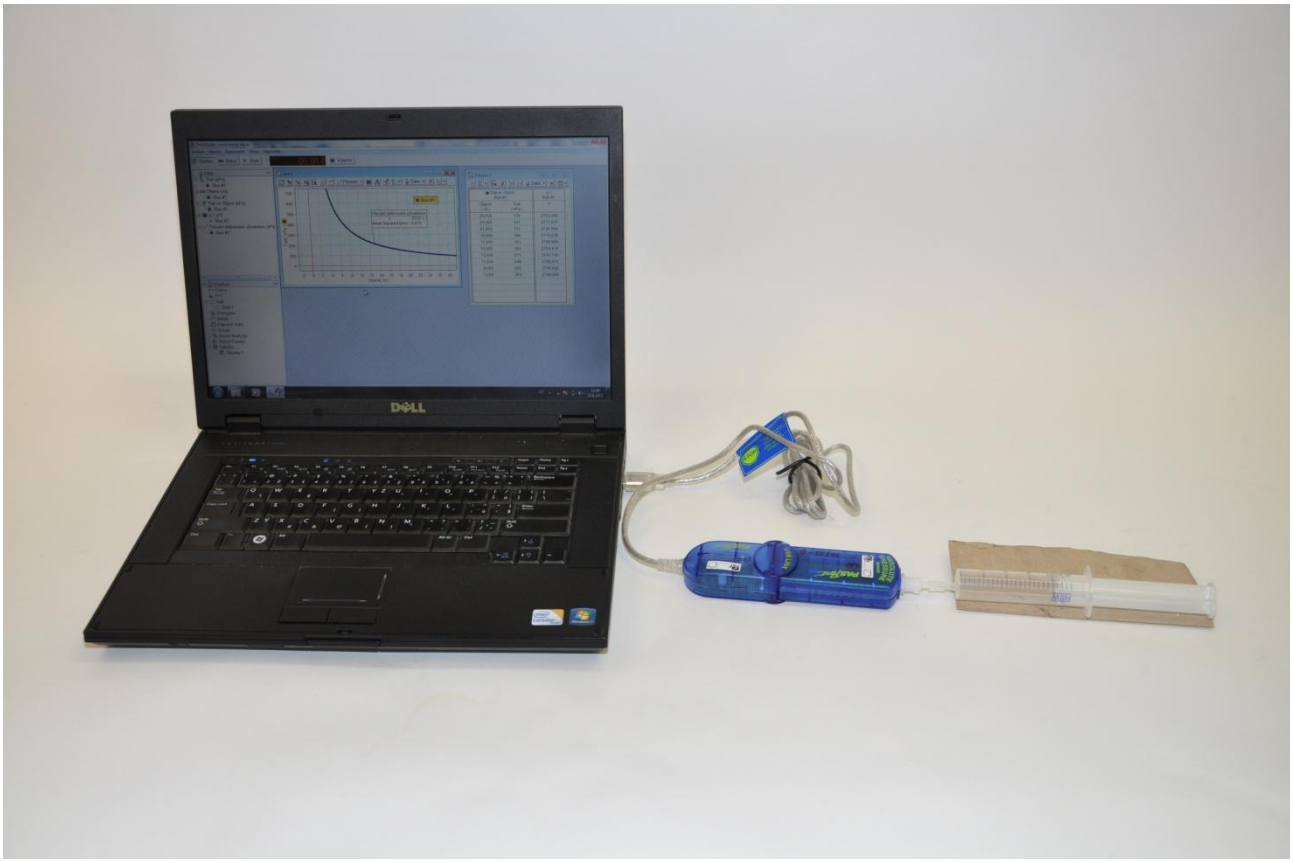
Obr. 1 – Graf závislosti tlaku ideálního plynu stálé hmotnosti na jeho objemu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tyto materiály vznikly v rámci OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost č. CZ.1.07/1.3.12/04.0020.

Postup práce

Sestavíme měřicí aparaturu (viz obr. 2).



Obr. 2 – Foto uspořádání experimentu Studium izotermického děje

Nastavení HW a SW

1. Senzor absolutního tlaku připojíme k rozhraní USB Link a rozhraní připojíme pomocí USB kabelu k počítači.
2. Spustíme program DataStudio a zvolíme možnost *Vytvořit experiment*. Připojené čidlo by se mělo automaticky detekovat a v okně *Data* se zobrazí název měřené veličiny (*Absolute Pressure*).
3. Změníme název *Absolute Pressure* na *Tlak* dvojím poklepáním levým tlačítkem myši na název *Absolute Pressure.* V nově otevřeném okně přepíšeme v *Názvu měření* a *Názvu proměnné Absolute Pressure* na *Tlak*.
4. Nastavíme krokové měření v menu *Setup*, v záložce *Vzorkování* zatržením tlačítka *Načti hodnotu* stiskem či příkazem. V okně *Název* přepíšeme *Keyboard 1* na *Objem,* v okně *Jednotky* přepíšeme *bez jednotek* na *ml* a potvrdíme *Ok*.
5. V grafu klepneme levým tlačítkem myši na veličinu *Čas* a v nově rozbalené nabídce zatrhneme *Objem*. Dvojklikem do grafu se otevře okno *Nastavení grafu*. V záložce *Zobrazení* odznačíme možnost *Spojovat data body*.
6. Tabulku vytvoříme přetažením názvu *Tlak vs Objem* z okna *Data* do okna *Displays*, záložky *Tabulka*.
7. Vytvoříme vzorec pro výpočet součinu tlaku *p* a objemu *V*. Levým tlačítkem myši klepneme na *Výpočet*. V nově otevřeném okně v možnosti *Definice* napíšeme vzorec *y = p*V* a potvrdíme tlačítkem *Přijmout*.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tyto materiály vznikly v rámci OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost č. CZ.1.07/1.3.12/04.0020.

8. V nabídce *Proměnné* rozbalíme nabídku u *Zadefinujte proměnnou „p“* a zatrhneme možnost *Data Measurement*. V nově otevřeném okně zvolíme jako zdroj dat *Tlak (kPa)* a potvrdíme *Ok*.
9. Stejným způsobem nadefinujeme proměnnou *V*, pouze jako zdroj dat zvolíme *Objem (ml)*. Okno zavřeme. Nově nadefinovanou proměnnou *y* doplníme do tabulky přetažením se stisknutým levým tlačítkem myši vzorce *y = p*V* z okna *Data* do okna *Displays,* záložky *Tabulka1.*
10. Pro fitování nepřímou úměrností vytvoříme fitovací funkci. V grafu rozbalíme nabídku *Fitování* a zatrhneme *Fitování definované uživatelem*. V okně *Data* otevřeme dvojklikem na možnost *Fitování definované uživatelem* okno, ve kterém vytvoříme fitovací funkci. Přepíšeme proměnnou *x* na *k/x,* klepneme na zatržítko a okno zavřeme.

Vlastní měření (záznam dat)

1. Píst stříkačky nastavíme na hodnotu 24 ml a spustíme měření tlačítkem *Start*. Stiskneme tlačítko *Vzít*, do nově otevřeného okna doplníme hodnotu 25 ml (k hodnotě na stupnici stříkačky vždy přičteme 1 ml, což je přibližně hodnota objemu vzduchu ve svorce, kterou je stříkačka připevněna k tlakoměru) a potvrdíme *Ok*.
2. Píst stlačíme na 22 ml a postup opakujeme (nezapomeneme zapsat 23 ml). Takto postupujeme po 2 ml až do hodnoty 6 ml na stříkačce, klepneme na červený čtvereček vedle tlačítka *Vzít* a měření ukončíme.

Analýza naměřených dat

Naměřená data můžeme analyzovat přímo v DataStudiu nebo je vyexportovat do tabulkového editoru (v záložce *Soubor* zvolíme možnost *Exportovat data*, v nově otevřeném okně vybereme *Tlak vs Objem*, potvrdíme *Ok* a uložíme jako soubor s příponou .txt). V DataStudiu uložíme graf i tabulku jako obrázek pomocí funkce *Výstřižky* (běžně funguje ve Windows) nebo funkce *Print Screen*. Porovnáme zobrazený graf a data v tabulce s teoretickými předpoklady. Z rovnice fitovací funkce určíme hodnotu konstanty k nepřímé úměrnosti a určíme její význam.

evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tyto materiály vznikly v rámci OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost č. CZ.1.07/1.3.12/04.0020.